

## **BAB III**

### **LANDASAN TEORI**

#### **3.1. Beton**

Beton adalah campuran antara semen Portland atau semen hidraulik yang lain, agregat halus, agregat kasar, dan air dengan atau tanpa bahan tambah membentuk massa padat. (SNI 03-2847-2002)

Penggunaan beton didalam bidang konstruksi terbilang sangat umum digunakan karena memiliki banyak keuntungan antara lain bahan yang mudah didapat, harga bahan yang relatif murah kecuali semen portland, mampu menahan beban yang besar, serta memiliki nilai kuat tekan yang besar. Namun penggunaan beton juga memiliki kekurangan yaitu rendahnya nilai kuat tarik yang dimiliki. Kekuatan, keawetan, dan sifat lain dari beton tergantung dari kualitas bahan dasar, perbandingan volume campuran, cara pelaksanaan dan pemeliharaaannya. (Diphusodo, 1994)

#### **3.2. Beton Ringan**

Beton ringan adalah beton yang memiliki berat jenis dibawah beton normal. Beton ringan memiliki berat jenis dibawah  $1900 \text{ kg/m}^3$  (SNI-03-2847-2002). Beton ringan dapat dibagi lagi dalam tiga golongan berdasarkan tingkat kepadatan dan kekuatan beton yang dihasilkan dan berdasarkan jenis agregat ringan yang dipakai (Prawito, 2010). Klasifikasi beton ringan adalah sebagai berikut.

1. Beton insulasi (*Insulating Concrete*) Beton ringan dengan berat (*density*) antara  $300 \text{ kg/m}^3$  -  $800 \text{ kg/m}^3$  dan berkekuatan tekan berkisar 0,69 - 6,89 MPa, yang biasanya dipakai sebagai beton penahan panas (insulasi panas) disebut juga *Low Density Concrete*. Beton ini banyak digunakan untuk keperluan insulasi, karena mempunyai kemampuan konduktivitas panas yang rendah, serta untuk peredam suara. Jenis agregat yang biasa digunakan adalah *Perlite* dan *Vermiculite*.
2. Beton ringan dengan kekuatan sedang (*Moderate Strength Concrete*) Beton ringan dengan berat (*density*) antara  $800 \text{ kg/m}^3$  -  $1440 \text{ kg/m}^3$ , yang biasanya dipakai sebagai beton struktur ringan atau sebagai pengisi (*fill concrete*). Beton ini terbuat dari agregat ringan buatan seperti: terak (*slag*), abu terbang (*fly ash*), lempung, batu sabak (*slate*), batu serpih (*shale*), dan agregat ringan alami, seperti *pumice*, *skoria*, dan *tufa*. Beton ini biasanya memiliki kekuatan tekan berkisar 6,89 - 17,24 MPa.
3. Beton Struktural (*Structural Concrete*) Beton ringan dengan berat (*density*) antara  $1440 \text{ kg/m}^3$  -  $1850 \text{ kg/m}^3$  yang dapat dipakai sebagai beton struktural jika bersifat mekanik (kuat tekan) dapat memenuhi syarat pada umur 28 hari mempunyai kuat tekan berkisar  $> 17,24 \text{ MPa}$  Untuk mencapai kekuatan sebesar itu, beton ini dapat memakai agregat kasar seperti *expanded shale*, *clays*, *slate*, dan *slag*.

### **3.3. Campuran Beton**

#### **3.3.1 Semen Portland**

Semen *Portland* adalah bahan konstruksi yang paling banyak digunakan dalam pekerjaan beton. Menurut ASTM C-150,1985, semen portland didefinisikan sebagai semen hidrolik yang dihasilkan dengan menggiling klinker yang terdiri dari kalsium silikat hidrolik, yang umumnya mengandung satu atau lebih bentuk kalsium sulfat sebagai bahan tambahan yang digiling bersama-sama dengan bahan utamanya. (Mulyono, 2005)

Berdasarkan SNI-15-2049-2004, Semen dibedakan menjadi beberapa jenis berdasarkan penggunaannya. Jenis semen berdasarkan kegunaannya adalah sebagai berikut:

1. Jenis I, yaitu semen *portland* untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada semen jenis lain.
2. Jenis II yaitu semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan terhadap sulfat atau kalor hidrasi sedang.
3. Jenis III, yaitu semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi.
4. Jenis IV yaitu semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan kalor hidrasi yang rendah.
5. Jenis V, yaitu semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi terhadap sulfat

### 3.3.2. Air

Air adalah salah satu dari bahan pembentuk semen yang paling penting, karena berperan untuk membantu reaksi kimia pada semen agar dapat menyatukan agregat-agregat pembentuk beton. Air juga berfungsi sebagai bahan untuk mempermudah dalam pengadukan beton. Kelebihan jumlah air yang dibutuhkan digunakan untuk pelumas, penambahan air tidak boleh terlalu banyak, karena hal ini dapat menyebabkan kekuatan beton menjadi rendah dan dapat membuat beton menjadi keropos. Kelebihan air yang dicampurkan dalam adukan beton (*bleeding*) yang kemudian menjadi buih dan membentuk selaput tipis (*laitance*). Selaput tipis ini nantinya akan mengurangi kelekatan antar lapis-lapis dan merupakan bidang sambung yang lemah. (Tjokrodimuljo,1996)

Air untuk campuran beton minimal yang memenuhi persyaratan air minum, namun hal ini bukan berarti bahwa air untuk campuran beton tidak harus memenuhi standar persyaratan air minum. Tjokrodimuljo (1996) air untuk campuran beton sebaiknya memenuhi syarat sebagai berikut:

- a. Tidak mengandung lumpur, minyak, dan benda melayang lainnya lebih dari 2 gram/liter,
- b. Tidak mengandung garam-garam yang dapat larut dan merusak beton, asam, zat organik lebih dari 15 gram/liter,
- c. Tidak mengandung klorida atau  $Cl > 0,5$  gram/liter,
- d. Tidak mengandung senyawa sulfat  $> 1$  gram/liter.

### **3.3.3. Agregat**

Agregat adalah merupakan material granular misalnya pasir, kerikil, batu pecah, dan kerak tungku pijar, yang dipakai bersama-sama dengan suatu media pengikat untuk membentuk suatu adukan atau adukan semen hidrolik. (SNI 03-2847-2002)

#### **3.3.3.1 Agregat Halus**

Agregat halus adalah pasir alam sebagai hasil disintegrasi alami batuan atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir terbesar 5,0 mm. (SNI 03-2847-2002)

Tjokrodinuljo (1996), agregat halus (pasir) adalah batuan yang mempunyai ukuran butir antara 0,15 mm - 5,00 mm. Agregat halus dapat diperoleh dari dalam tanah, dasar sungai, atau dari tepi laut. Oleh karena itu, pasir dapat digolongkan menjadi 3 macam, yaitu pasir galian, pasir sungai, dan pasir laut.

Mulyono (2005), agregat halus (pasir) menurut gradasinya sebagaimana tercantum pada tabel 3.1.

Tabel 3.1 Batas-batas Gradasi Agregat Halus

Lubang Ayakan (mm)	Berat Butir yang Lewat Ayakan (%)			
	Kasar	Agak Kasar	Agak Halus	Halus
10	100	100	100	100
4,8	90-100	90-100	90-100	95-100
2,4	60-95	75-100	85-100	95-100
1,2	30-70	55-90	75-100	90-100
0,6	15-34	35-59	60-79	80-100
0,3	5-20	8-30	12-40	15-50
0,15	0-10	0-10	0-10	0-15

Sumber : Mulyono, 2005

### 3.3.3.2 Agregat Kasar

Agregat kasar adalah kerikil sebagai hasil disintegrasi alami dari batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri batu yang mempunyai ukuran butir antara 5 mm sampai 40 mm. (SNI 03-2847-2002)

Menurut Mulyono (2005) agregat kasar dibedakan menjadi 3 berdasarkan berat jenisnya, yaitu:

#### 1. Agregat Normal

Agregat normal dihasilkan dari pemecahan batuan dengan quarry atau langsung dari sumber alam. Agregat ini biasanya berasal dari granit, basalt, kuarsa, dan sebagainya. Berat jenis rata-ratanya adalah 2,5-2,7 atau tidak boleh kurang dari 1,2 kg/dm<sup>3</sup>. Beton yang dibuat dengan agregat normal adalah dengan beton normal, yaitu beton yang mempunyai berat isi 2.200-2.500 kg/m<sup>3</sup>. (SK.SNI.T-15-1990:1). Kekuatan tekannya sekitar 15-40 MPa. Ketentuan dan persyaratan dari SII.0052-80 “Mutu dan Cara Uji Agregat Beton” harus dipenuhi. Bila tidak tercakup dalam SII.0052-80,

maka agregat harus memenuhi ASTM C-33, "*Specification for Concrete Aggregates*" (PB-89, 1989:9).

## 2. Agregat Ringan

Agregat ringan digunakan untuk menghasilkan beton yang ringan dalam sebuah bangunan yang memperhitungkan berat dirinya. Agregat ringan digunakan dalam bermacam produk beton, misalnya bahan-bahan untuk isolasi atau bahan untuk pra-tekan. Agregat ini paling banyak digunakan untuk beton-beton pra-cetak. Beton yang dibuat dengan agregat ringan mempunyai sifat tahan api yang baik. Kelemahannya adalah ukuran pori pada beton yang dibuat dengan agregat ini besar sehingga penyerapannya besar pula. Jika tidak diperhatikan, hal ini akan menyebabkan beton yang dihasilkan menjadi kurang baik kualitasnya. Agregat ringan dapat dibedakan menjadi dua, yaitu yang dihasilkan melalui pembekahan (*expanding*) dan yang dihasilkan dari pengolahan bahan alam. Disarankan agar penakarannya menggunakan volume. Berat isi agregat ini berkisar  $350\text{--}880\text{ kg/m}^3$  untuk agregat kasarnya dan  $750\text{--}1200\text{ kg/m}^3$  untuk agregat halus. Campuran kedua agregat tersebut mempunyai berat isi maksimum  $1040\text{ kg/m}^3$ . Agregat ringan yang digunakan dalam campuran beton harus memenuhi syarat mutu dari ASTM C-330, "*Specification for Lightweight Aggregates for Structural Concrete*".

## 3. Agregat Besar

Agregat besar mempunyai berat jenis lebih besar dari  $2.800\text{ kg/m}^3$ . Contohnya adalah magnetik ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ), barites ( $\text{BaSO}_4$ ) dan serbuk besi.

Berat jenis beton yang dihasilkan dapat mencapai 5 kali berat jenis bahannya. Beton yang dibuat dengan agregat ini biasanya digunakan sebagai pelindung dari radiasi sinar-X. Untuk mengetahui apakah suatu agregat merupakan agregat berat, agregat ringan atau normal, dapat diperiksa berat isinya.

Berdasarkan SK SNI T-03-3449-2002 mengenai tata cara rencana pemilihan campuran beton ringan dengan agregat ringan. Agregat ringan dapat ditentukan berdasarkan tujuan konstruksi yang dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Jenis Agregat Ringan Berdasarkan Tujuan Konstruksi

KONSTRUKSI BANGUNAN		BETON RINGAN		JENIS AGREGAT RINGAN
		KUAT TEKAN MPa	BERAT ISI Kg/m <sup>3</sup>	
Struktural	Minimum	17,24	1400	Agregat yang dibuat melalui proses pemanasan batu
	Maksimum	41,36	1850	Serpih, batu lempung, batu sabak, terak besi atau terak abu terbang
Struktural Ringan	Minimum	6,89	800	Agregat ringan alam: scoria atau batu apung
	Maksimum	17,24	1400	
Struktural Sangat Ringan Sebagai Isolasi	Minimum	-	-	Perlit atau vemikulit
	Maksimum	-	8000	

Sumber : SK SNI T-03-3449-2002



### 3.4. Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton yang diisyaratkan  $f'_c$  adalah kuat tekan beton yang ditetapkan oleh perencana struktur, dipakai dalam perencanaan struktur beton, dan dinyatakan dalam Mega Pascal atau MPa (SK SNI-T-15-1991-03). Nilai kuat tekan beton diperoleh melalui tata cara pengujian standar, menggunakan mesin uji tekan yang dilakukan dengan cara memberikan beban tekan bertingkat dengan kecepatan peningkatan beban tertentu atas benda uji berbentuk silinder berdiameter 150 mm dan tinggi 300 mm sampai hancur.

Persamaan untuk mendapatkan nilai kuat tekan beton berdasarkan percobaan di laboratorium dituliskan pada persamaan (3-1).

$$f'_c = \frac{P}{A} \quad (3-1)$$

keterangan :

$f'_c$  : kuat tekan beton (MPa)

$P$  : beban tekan (N)

$A$  : luas penampang benda uji (mm<sup>2</sup>)

Sifat beton dikatakan baik apabila pada beton tersebut memiliki kuat tekan tinggi antara 20–50 MPa, pada umur 28 hari. Dengan kata lain dapat diasumsikan bahwa mutu beton ditinjau hanya dari kuat tekannya saja. (Tjokrodinuljo, 1996)

### 3.5. Modulus Elastisitas Beton

Menurut Murdock dan Brook (1986), tolak ukur yang umum dari sifat elastis suatu bahan adalah modulus elastisitas, yang merupakan perbandingan dari desakan yang diberikan dengan perubahan bentuk per-satuan panjang, sebagai akibat dari desakan yang diberikan itu. Modulus elastisitas juga tergantung pada

umur beton, sifat-sifat dari agregat dan semen, kecepatan pembebanan, jenis dan ukuran dari benda uji. (Kusumo, 2013)

Nilai modulus elastisitas ini akan ditentukan oleh kemiringan kurva pada grafik tegangan regangan, kurva ini dipengaruhi oleh tegangan beton dan regangan beton. Semakin tegak kurva dan memiliki garis linier yang panjang, berarti beton tersebut memiliki kuat desak yang besar pula. Dengan semakin bertambahnya beban maka makin berkurangnya kekuatan material sehingga kurva tidak linier lagi. Biasanya modulus sekan mempunyai nilai 25-50% dari kuat tekan  $f'_c$  yang diambil sebagai modulus elastisitas. (Wang & Salmon, 1986)

Dalam penelitian ini nilai modulus elastisitas didapat dengan melakukan pengujian langsung di laboratorium dengan mengamati perubahan panjang dengan *compressometer*. Untuk memperoleh nilai modulus elastisitas beton digunakan perhitungan secara umum yang dituliskan pada persamaan (3-2), (3-3), (3-4).

$$E = \frac{f}{\varepsilon} \quad (3-2)$$

$$f = \frac{P_{maks}}{A_o} \quad (3-3)$$

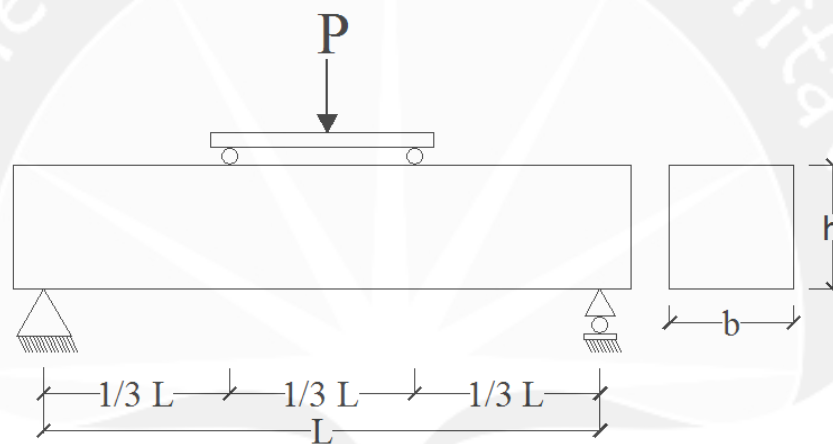
$$\varepsilon = \frac{0,5 \times \Delta P}{P_o} \quad (3-4)$$

Keterangan :

- $E$  : modulus elastisitas beton tekan (MPa)
- $f$  : tegangan (MPa)
- $\varepsilon$  : regangan
- $P_{maks}$  : Beban maksimum benda uji (N)
- $P_o$  : Panjang awal benda uji (mm)
- $A_o$  : luas tampang benda uji (mm<sup>2</sup>)
- $\Delta P$  : perubahan panjang benda uji (mm)

### 3.6. Kuat Lentur Balok Beton

Kuat lentur balok beton adalah kemampuan balok beton yang diletakan pada dua perletakan untuk menahan gaya dengan arah tegak lurus sumbu benda uji, sampai benda uji patah (SNI 03-4431-2011). Kuat lentur merupakan faktor penting dalam menentukan sifat-sifat mekanis dan karakteristik beton itu sendiri. Sketsa pengujian kuat lentur balok dapat ditunjukkan seperti pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 Sketsa pengujian kuat lentur balok

Rumus rumus perhitungan yang digunakan dalam metode pengujian kuat lentur balok beton adalah sebagai berikut:

1. Pengujian dimana patahnya benda uji ada di daerah pusat ( $1/3$  jarak titik perletakan) dibagian tarik dari beton, maka kuat lentur beton dihitung menurut persamaan (3-5) :

$$\sigma = \frac{PL}{bh^2} \quad (3-5)$$

Keterangan:

- $\sigma$  : kuat lentur (MPa)
- $P$  : beban maksimum yang mengakibatkan keruntuhan balok uji (N)
- $L$  : panjang bentang antara kedua balok tumpuan (mm)
- $b$  : lebar tampang lintang patah arah horizontal (mm)
- $h$  : tinggi tampang lintang patah arah vertikal (mm)

2. Pengujian dimana patahnya benda uji ada di luar pusat (diluar daerah 1/3 jarak titik perletakan) dibagian tarik beton, dan jarak antara titik pusat dan titik patah kurang dari 5% dari panjang titik perletakan, maka kuat lentur beton dihitung menurut persamaan:

$$\sigma = \frac{3Pa}{bh^2} \quad (3-6)$$

Keterangan :

$\sigma$  : kuat lentur (MPa)

$P$  : beban maksimum yang mengakibatkan keruntuhan balok uji (N)

$b$  : lebar tampang lintang patah arah horizontal (mm)

$h$  : tinggi tampang lintang patah arah vertikal (mm)

$a$  : Jarak rata – rata antara tampang lintang patah dan tumpuan luar yang terdekat, diukur pada 4 tempat pada sisi titik dari bentang. Untuk benda uji yang patahnya diluar 1/3 lebar pusat pada bagian tarik beton dan jarak antara titik pembebanan dan titik patah lebih dari 5% bentang, hasil pengujian tidak dipergunakan.